

物探“攻深找盲”方法组合及湖北深部找矿靶区圈定

梁学堂, 吴 军, 张叶华

(湖北省地球物理勘察技术研究院 湖北 武汉 430056)

摘 要: 开展“第二空间”找矿方法研究, 发挥物探技术在“攻深找盲”中的作用, 为实现湖北省深部找矿快速突破打好基础。湖北省地跨中国四个重要成矿带, 成矿地质条件复杂多样而又富有前景, 地球物理场特征亦不相同。根据不同成矿带目标地质体的物性特征, 合理、有效地运用物探方法组合, 将对实现“荆楚富矿行动”深部找矿成效发挥重要作用。

关键词: 第二空间找矿; 地球物理场; 成矿带; 直接找矿; 间接找矿; 物探方法

中图分类号: P631

文献标识码: A

文章编号: 1671-1211(2014)05-0622-04

0 引言

为实现湖北省找矿新突破, 该省正在实施“荆楚富矿”行动。然而, 第一空间矿藏资源基本探寻殆尽, 向第二空间“要矿”难度颇大。物探作为现代化勘查技术, 具有探测深度大、效率高、成本低等优点, 可快速获取三维空间中的地质找矿信息。实现“攻深找盲”, 确定富矿靶点, 物探是深部找矿的有效方法手段。因此, 在“荆楚富矿行动”中, 物探能发挥“侦察尖兵”作用, “地质找矿、物探先行”。

1 物探开展“攻深找盲”的技术路线

物探攻深找盲的技术难度不言而喻, 必须执行高新技术路线: 首先应采用最新一代物探仪器, 提高深部弱小信息的采集精度和可信度; 坚持直接找矿与间接找矿紧密结合; 运用物探立体地质填图技术, 查明勘查区深部隐伏矿藏的赋存地质条件, 建立深部(控)矿地质体的地质—物探找矿模型^[1]; 利用现代化正反演技术对物探综合信息进行分离、提取、判别, 实施综合参数的多元共轭联合反演^[2], 最终确立目标(的)物识别准则。

实现“第二空间”找矿突破, 物探各方法手段的有效运用和组合是关键, 必须贯彻三结合原则: 直接找矿与间接找矿的结合; 地下物探(坑道或井中)与地面物探相结合; 物探与地质、化探紧密结合。

2 物探“攻深找盲”方法技术

2.1 直接找矿与间接找矿的结合

2.1.1 直接找矿

直接找矿的物探勘查技术已为人们熟悉, 此时勘查的目的物与目标物合二为一, 它适用于浅层矿藏, 能满足地质上矿体—矿床级别的勘查需求。但是, 直接找矿方法随着矿体埋深的增加, 深部矿藏的地球物理信息愈益弱化, 物探工作发现有异常愈难, 而研判这些异常是否为矿致异常难度更大。尽管采用多种物探方法进行综合勘探, 相互印证, 但直接找矿效果受到很大制约。

2.1.2 间接找矿

间接找矿物探技术无疑拓展了物探应用领域, 提高了找矿成效。它适用于深部找矿和目的物矿体与围岩物性差异不明显情况。此时, 用物探勘查技术方法取得深部控矿、容矿、含矿地质体或地质现象(含矿岩体、容矿地层、含矿构造带诸如接触带、破碎带、蚀变构造带等, 火山机构、褶皱带、沉积盆地等)的信息, 对有找矿意义的异常靶区, 安排深部探矿工程, 发现深部矿化富集区段, 达到深部找矿目的。实际上, 间接找矿探测对象规模主要为矿田—矿集区。

物探间接找矿时, 尽管目标地质体的埋藏深度大, 但其体积远大于矿体, 因此, 发现它要容易得多。当然, 物探间接找深部矿这一技术难题也应采用综合探测方法, 通过加大信息量的集约研判, 才有可能实现较好解决。

收稿日期: 2014-05-07; 改回日期: 2014-07-14

作者简介: 梁学堂(1964-), 男, 教授级高级工程师, 应用地球物理专业, 从事区域重力调查、矿产物探、重磁电勘探数据处理与研究工作。E-mail: lxt19641025@163.com

数字出版网址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/42.1736.X.20140801.1404.015.html> 数字出版日期: 2014-08-01 14:04

2.1.3 直接找矿与间接找矿相结合

一是有利于更好地判断所发现的异常是否为矿致异常;二是当遇到矿体小、埋深大、异常弱或不明显时,还可以在地表按间接找矿方式进行勘探,一旦进入勘探阶段,再及时采用井中物探方法进行直接找盲矿。

2.2 地下物探(坑道或井中)与地面物探相结合

如前所述,地面物探直接找矿时,所发现矿一般是规模较大;而地下物探能发现相对较小的隐伏矿。此外,地面物探直接找矿发现了异常,即使是定性解释无误,但在钻探验证时,也可能因为孔位布置不当或钻孔角度选择问题,造成首孔未能见矿的现象,此时,就应及时进行井中物探,以判断井旁或井底是否存在盲矿,从而避免与矿“擦肩而过”的遗憾,这种现象在国内外找矿实践中时常发生。

2.3 物探“攻深找盲”方法组合

采用何种物探方法探测更为有效,主要决定于探测目标的物性差异、埋深和形态等条件。因此,需要建

立矿床的地质—地球物理找矿模型^[1-2],这是指导物探找矿方法部署的基本依据。

2.3.1 直接找矿方法组合

根据本省金属矿床的地质—物性特点,可归纳分为五类矿体—矿物组合(表 1),但具体到某个矿床可能有多类型的矿体(如铜山口以矽卡岩型铜矿为主,但同时也有斑岩型铜钼矿)。在实际勘查中应采用何种方法组合,需要根据矿床的具体物性特点和其它条件综合分析后才能选定。

2.3.2 间接找矿方法组合

物探间接找矿时的目标地质体基本类型见表 2。立体地质填图对象往往是多个地质体的组合,实际勘查中,应根据具体目标地质体的地质—物性特征来选定一优化方法组合。

间接找矿时,物探的探测目标地质体可能有多种和多个。因此,具体采用何种方法组合,要根据具体地质任务和目标地质体的物性规律决定。

表 1 物探直接找矿方法组合表
Table 1 Combinative table of geophysical direct prospecting

矿体的物探分类(按物性主要特点划分)	主要矿床(建造)	矿石物性特征	地面物探		地下物探	
			主要方法	辅助方法	主要方法	辅助方法
磁性矿	各类磁铁矿、含铜磁铁矿、矽卡岩型铜铁矿、矽卡岩型金、铜、钼、钨等多金属矿	中强磁性、高密度;中等电阻率和极化率	磁法	重力	井中磁测	井中电法(IP、TEM、RIM)
块状硫化物	块状含铜黄铁矿、块状硫化物多金属矿、块状铜镍硫化物矿、块状铜钴硫化物矿	低电阻率、高极化率、高密度;有一定磁性	选 IP、TEM、CSAMT、CR 和 AMT 中的一种方法	重力、磁法(个别矿床)	选井中(IP、RIM、TEM、充电法)的一两种方法	井中声波法
细脉、细脉浸染、浸染状硫化物	锡石硫化物矿、金—硫化物矿、斑岩型铜矿、斑岩型钼矿、含铜砂岩、	中强极化率、电阻率和磁性变化大	IP	磁法、CSAMT、CR、AMT	井中 IP	井中磁测、其它井中电法
氧化物黑色金属矿	铬铁矿、赤铁矿、菱铁矿	高密度、高电阻率、弱磁;间或有激电特性	重力、大功率电阻率法	磁法、IP	井中声波、井中 RIM	井中 IP
石英脉金属矿	石英脉型金矿、石英脉型钨矿、石英脉型辉钼矿	高电阻率、无磁性;间或有激电特性	大功率电阻率法、CSAMT、AMT	磁法、IP	井中电阻率、井中 RIM	井中 IP

注: IP 为激发极化法; TEM 为瞬变电磁法; CSAMT 为可控源音频大地电磁法; AMT 为音频大地电磁法; CR 为复电阻率法; RIM 为无线电波成像法(亦即无线电波法)。

表 2 物探间接找矿方法组合表
Table 2 Combinative table of geophysical indirect prospecting

地质体	物性特点	任务	可采用的物探方法
火山机构	一般火山机构具磁性,酸性火山岩磁性弱、密度低,基性火山岩磁性强、密度略高,重磁场多呈圆型或弧型,中心场低、周围环型场高,其与围岩的电性可能有一定差异	圈控矿或含矿火山机构(火山口、火山颈、火山通道等),并了解其在深部的变化、形态等	磁法、重力法为主,配以常规电阻率测深法、CSAMT 法等电法
褶皱带	褶皱带是指沉积岩地层的褶皱,其特点即沉积岩地层的特点	圈出、追索含矿或控矿的褶皱带,并确定其埋深、厚度及褶皱变化	采用的方法与探测地层相同
沉积盆地	中新代盆地多呈低密度、无磁性,电性和速度因地层而异,数值均不高;古生代盆地一般也无磁性。密度、电阻均偏高,速度因地层而异	圈出沉积盆地的范围,了解基底深度和岩性,目标层的深度、厚度等	大功率电测深法、CSAMT 法为主,磁测、重力法等方法。个别应采用地震勘查法

3 湖北省深部找矿靶区圈定的几点意见

湖北省铜铁金等多金属矿产,多发现于长江中下游成矿带的鄂东南地区。该区历经六十多年的地质、物化探找矿工作,工作程度甚高。近年来,区内开展了

一些整装勘查项目,对该区著名的大型矿床进行了探边摸底,对与成矿密切相关的中酸性岩体也从第一空间到第二空间进行了全方位的立体探查,但收效差强人意。如何寻找新的矿产地,圈定深部即“第二空间”找矿靶区,尽快实现找矿突破,是摆在地质科技人员面

前的首要任务。解放思想,更新找矿理论,拓宽思路,转换视角,选用有效工作程式,开辟找矿新区实属必要。

3.1 深部找矿物探工作程式

总结上述内容可归纳得到如下深部找矿物探工作程式:

(1) 全面收集、分析研究测区的地、物、化、遥资料,划定深部找矿工作区范围。

(2) 投入中比例尺(1:5万或1:2.5万)高精度重磁调查工作,研究工作区地质构造特征;按 $1\,000\text{ m} \times 50\text{ m} \sim 1\,000\text{ m} \times 100\text{ m}$ 的网度施测深部大地电磁测深扫面,进行深部地质填图,划定成矿有利区段—后续找矿普查区。

(3) 在找矿普查区施测大比例尺的物化探找矿工作(以激电、高精度磁测、土壤或岩石地球化学测量为主),圈定找矿靶点,提供工程验证。

(4) 实施工程验证,配合以井中物探测量,在查明物探异常地质属性的同时,探寻井旁侧伏、下伏矿(化)地质体。

(5) 建立普查区地质—物化探综合找矿模型(式),总结找矿目标物判别准则,用以指导普查区找矿工作,获取最佳找矿成效。

3.2 深部找矿工作选区

根据湖北省地质构造条件、成矿规律以及区域地球物理、地球化学特征,结合地质、物化探工作程度等,笔者认为,要圈定深部找矿靶区,物探工作可以优先从后列几个区块开展工作。

3.2.1 桐柏—大别成矿带中东段

桐柏—大别地区,是全国最新划分的成矿带,最近几年,与湖北省相邻的省份在该成矿带陆续发现了多处大中型矿床,展现该区良好的找矿前景,特别是安徽、河南境内发现的大型斑岩型钼矿,是区内最具特色的矿种。

据湖北省区域物化探资料,桐柏—大别地区湖北段有较好的重磁及化探组合异常,尤其是航磁异常反应甚为醒目,它们反映、揭示了该地区岩浆活动强烈,是岩浆热液型形成的有利区段。桐柏—大别地区是古老的变质岩分布区,航磁图显示存在多处性质未明、幅值较高的局部磁异常,与华北板块内太古界地层中发现的大中型变质型磁铁矿引起的磁异常类似,推断该地区太古界地层中可能存在含铁石英岩建造,显然该地区也是寻找变质型磁铁矿的有利区域。另外,该区也是扬子板块与大别—苏鲁地块对冲的部位,地幔深源物质有较好的上升通道,板块拼接位置也是成矿有利部位。区内主要矿种斑岩型钼矿(即酸性岩体)具有弱磁、低密度的特点;变质型磁铁矿则具有高磁高密

度的特点,它们均与围岩有较大的物性差异,具备应用重磁调查手段解决地质问题的前提条件。

该区物探工作程度低,缺少系统的大比例尺地面物探工作。因此,在桐柏—大别地区开展面积性的1:5万高精度重磁调查,查明测区基本构造格架,圈定含矿中酸性隐伏岩体、确定控矿断裂构造,评价局部磁异常地质属性,为开展深部找矿提供靶区。主要矿种为钼、铜、铁、金。

3.2.2 长江中下游成矿带西延地区

据长江中下游航磁异常图,在鄂东南六大岩体以西(114° 以西)地区,沿长江断裂分布有条带状航磁异常,推断为燕山期侵入的中酸性岩体引起。据此,物探推断认为长江中下游成矿带西端应西挪至石首、监利一带^[3]。石首桃花山等矿(化)点也佐证了物探认识,这无疑扩大了湖北省沿长江断裂带开展深部找矿的空间。

由于 114° 以西属厚覆盖区,岩体处于较深的隐伏状态,首先需要开展系统性的基础地质调查工作,比如开展1:5万重磁调查,查清隐伏岩体产状及控矿构造特征,为后续深部找矿工作提供工作依据。

3.2.3 江汉盆地外围浅覆盖区

盆地外缘浅覆盖区,第四系覆盖广泛,地质工作程度很低,基本属于地质找矿工作空白区。由于盆地外缘浅覆盖区只有几十米—百余米的覆盖层,常规物探仍然可以发挥其找矿作用。因此,根据盆地外围矿点分布情况,分析成矿地质背景,进行合理的类比、外推,选用有效的物探方法组合,应该能取得较好的找矿效果。建议采用1:5万或1:2.5万高精度重磁调查,先查清盆地基底构造特征;再配合传统电法圈定盆地边缘部位膏盐等沉积型矿床。在有航磁异常的部位,则采用1:1万重磁电组合手段寻找热液型多金属矿床。比如:在江汉盆地东北缘应城浅覆盖区,是探寻膏盐等沉积型矿床的有利区域;在石首—监利浅覆盖区,是寻找高温热液型钨、铜等多金属矿床的有利区域。

3.2.4 鄂西北基性—超基性岩分布区

鄂西北竹山、竹溪一带分布有大量侵入前志留系地层的基性—超基性岩,是寻找与基性—超基性侵入岩有关的岩浆分异型铜铁镍及钛磁铁矿(银洞山式)床的有利地区。基性—超基性侵入岩有较强的磁性和很大的密度值,与围岩物性差异十分明显,具备应用重磁手段解决地质问题的前提条件。因此,在本区开展1:2.5万比例尺的重磁扫面工作,可圈定基性—超基性侵入岩的隐伏位置和产状特征,后期再配合CSAMT、SIP等电磁方法可圈定矿化富集部位,提供找矿靶区(点)。

3.2.5 鄂西北南华系耀岭河群基性火山岩地层分布区

鄂西北地区,沿北西向地层走向分布有大量基性火山岩地层^[4],与之相对应的航磁异常信息明显。其中南华系耀岭河群是变火山岩型磁铁矿(陈家垅式)产出的有利层位。但以前的找矿工作只局限地表,缺乏较系统的物探资料,应该还有大量深埋矿体因地面磁异常信号弱,目前尚未被发现或被忽视。因此,在该地区布置较大比例尺的重磁调查,对变火山岩型磁铁矿进行勘查工作,预计会有新的、较大的找矿空间。

3.2.6 利川侏罗系盆地区

福宝山盆地位于四川台坳川东褶皱带巴东—利川台褶束东南的一个复式向斜内,该区古地理、古构造条件优越,是成盐成钾的有利地区。上世纪80年代,湖北省第二地质大队在利川福宝山盆地三叠系嘉陵江组地层通过钻探打到钾盐矿,进一步展示了其找钾盐矿的有利前景。囿于当时深部找矿手段制约,至今在钾盐找矿上仍没有突破。究其原因,钾盐为易溶矿物,成矿条件要求严格,在岩溶及断裂构造发育的石灰岩地区更是难以存留。因此,在盆地系统开展面积性的较大比例尺重力调查工作,查清盆地基底构造特征、岩溶发育情况及对成矿不利的断裂构造分布特征,应是该地区寻找钾盐必须的前期工作。在后期找矿阶段,采用勘探深度大、分辨率高的V8电测手段实施异常查证,为钻探工程提供靶区。主要矿种钾盐、油气。

以上六大找矿区块,是根据湖北区域地球物理特征,结合区域成矿地质背景划分的结果,也是以前物探找矿工作程度相对较低的地区。因此,在以上地区开展相应的物探工作,对于圈定深部找矿靶区,实现找矿

突破十分有利。

4 结语

根据全国重要成矿带最新划分结果,湖北省地跨4个成矿区带,显示了该省优越的成矿地质背景。最近几年,尽管在矿产调查方面开展了大量的工作,但仍然没有实现大的找矿突破,说明在调查区的选择和方法技术运用上有待革新。要想突破找矿瓶颈,必须进一步解放思想,抛弃陈旧的思维方式。对于传统找矿思路认为不太可能形成大矿且工作较为薄弱的地区,应给予高度关注;在盆地边缘厚覆盖区以前没有进行地质填图的地区,应开展适当比例尺的面积性物探工作;在非传统矿种(比如稀土矿)物探找矿方法技术应用上要加强研究。总之,应用物探手段开展“攻深找盲”较准确地圈定“第二空间”找矿靶区,是实现深部找矿突破的重要前提;根据目标地质体的物性特征,合理、有效地运用物探方法组合,是决定找矿成败的关键。

参考文献:

- [1] 梁学堂. 湖北大冶铜山口地区地球物理深部找矿模式[J]. 物探与化探, 2012, 36(4): 697-704.
- [2] 张明华,等. 重磁数据处理解释软件RGIS[M]. 北京:地质出版社, 2011.
- [3] 梁学堂. 鄂北地区推覆构造重磁异常特征[J]. 物探与化探, 2007, 31(5): 424-429.
- [4] 湖北地质矿产局. 湖北省区域地质志[M]. 北京:地质出版社, 1990.

(责任编辑:于继红)

Comprehensive Geophysical Methods of *Exploring Deep Deposit* and Delineation of Deep Prospecting Target in Hubei

LIANG Xuetao, WU Jun, ZHANG Yehua

(Hubei Institute of Geophysical Exploration Technology, Wuhan, Hubei 430056)

Abstract: The paper carries out research on the prospecting method of the second space and plays the role of geophysical technology in *exploring deep deposit* in order to lay the foundation for speedy breakthrough in deep mineral exploration in Hubei. Hubei crosses China's four important mineralization belts and its ore-forming geological conditions are complicated and promising, geophysical field characteristics are different. According to the physical properties of target geologic bodies from different mineralization belt, it will play important roles in the realization of deep mineral exploration of *Jingchu rich ore action* by using comprehensive geophysical methods effectively and rationally.

Key words: the second space for ore exploration; geophysical field; mineralization belt; direct prospecting; indirect prospecting; comprehensive geophysical methods